東京都区部の集合住宅における水素供給施設の整備手法に関する研究

燃料電池自動車のための水素供給ステーションの導入に関する検討

A STUDY ON THE IMPROVEMENT OF HYDROGEN STATION
IN THE APARTMENT OF TOKYO TWENTY-THREE WARDS

Examination about introduction of the hydrogen station for a fuel cell vehicle

柳澤 聡子*

Satoko YANAGISAWA

In recent years, development of a Fuel Cell Vehicle (FCV) is furthered globally. Although a prompt improvement of a hydrogen station is required, in the initial stage of FCV introduction in city area, it is thought that spread becomes difficult only by a gas station-type improvement. This paper takes up the parking lot of the apartment in city area as a candidate for improvement of a hydrogen station, and proposes the practical theory. By the case study in the Tokyo ward, the curtailment effect of the environmental load substances were calculated. This method is positioned as a one of the methods of the hydrogen infrastructure improvement which enables correspondence to the demand of the common passenger car distributed in the Tokyo ward.

Keywords : Fuel Cell, Fuel Cell Vehicle, Hydrogen Station, Tokyo twenty-three wards

燃料電池, 燃料電池自動車, 水素供給施設, 東京都区部

1. 序

1.1 研究目的

近年, 究極の低公害車として燃料電池自動車 (FCV^{注1)}) の開発が世界的に進められている。同時に分散型電源の新たな担い手として定置型の燃料電池コージェネレーションシステム (PEFC-CGS^{注2)}) が住宅用に実用化されつつある。これらに共通の燃料である水素の供給施設は, 今後の都市エネルギーインフラとして整備が急がれている。特に, 燃料電池の大量生産時代を牽引するとされるFCVの本格的な普及には, 速やかな燃料供給施設の整備が欠かせない。国内では水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術 (WE-NET) 計画^{注3)}の元, 給油所型の水素供給施設を開発中であるが, 従来の自動車用燃料と異なり, 水素が建物と自動車の共通のエネルギー源であることを踏まえれば, 給油所型整備中心の水素供給施設の整備は見直す余地があると考えられる。

一方, 都市部においては, 本格的な水素社会へ移行する第一段階として天然ガス改質による水素供給が現実的であると考えられている。また, 天然ガスを主成分とする都市ガス網を活かせば既存の給油所以外の箇所にも燃料供給施設を設置できる。フリートの場合, 営業所の車庫に燃料供給施設

を設置すれば対応可能であることは, 天然ガス自動車の例から予想できる。問題は一般車であるが, 燃料電池の普及促進という観点からすれば, 駐車場への燃料供給施設の整備は有効であると考えられる。駐車場にあるFCV用の水素供給施設は建物側のPEFC-CGSと共有可能になり, 自動車と住宅への水素供給施設の整備を連動することでFCVとPEFC-CGS双方の普及による相乗効果が期待できるからである。特に集合住宅の場合, PEFC-CGS全体の容積の約7%^{注4)}を占める天然ガス改質装置を各戸に設置する代わりに, FCVと共有可能な水素供給施設に集約することで, 住戸ごとに設置するPEFC-CGSの大きさ及び価格を小さく抑えることができると考えられる。

そこで本研究では, 東京都区部においてFCV用の天然ガス改質型水素供給施設を集合住宅の駐車場に整備する手法を検討する。都市部においてFCV用の燃料供給施設を整備する一手法を示すことでFCVの普及を促進し, 都市の環境改善に寄与することを目的とする。

1.2 研究方法

まず水素エネルギー利用の現状を把握し, 都市部における水素供給施設の整備手法の検討を行った。これを踏まえ,

* 早稲田大学理工学総合研究センター 助手・工修

Research Assoc., Advanced Research Center for Sci. & Eng., Waseda Univ., M. Eng.

集合住宅における水素供給施設の整備手法を提案した。次に、東京都区部におけるケーススタディを行った。水素供給施設整備の対象となる集合住宅を選定し、その駐車台数を元にFCVの導入可能台数を算出した。最後に環境負荷物質の削減量等により環境面からの評価を行った。

2. 水素エネルギー利用の現状

2.1 燃料電池自動車（FCV）の開発動向

FCVは各自動車メーカーが開発を進めており、既にいくつかの製品が公道走行試験を行っている（表1）。早くて2003年、遅くとも2005年には一般市場にFCVが並ぶとされている。炭化水素系は既存の燃料供給施設を活用できる面で有利とされているが、走行時にCO₂を排出する。一方、純水素系は走行時のCO₂排出が無く、液体水素を燃料とすると最も効率が良いと言われている。車載用タンクの軽量化が課題とされているが、一充填走行距離は約300kmに達しており、従来車と比べても遜色がない。また将来的には、再生可能エネルギーから得られる水素を直接利用できるため、ガソリンからのエネルギー転換を促進させると考えられる。よって、環境負荷の低減を目的とする本研究では、純水素系を主に普及させることを前提とする。

一方、政府は燃料電池の開発を国家的課題と位置付け、経済産業省や国土交通省などの関係省庁を通じてFCV普及のための規制緩和などの支援策を打ち出している。政府はこれまで燃料電池を危険物とみなし、建築基準法や道路法などで貯蔵や輸送を厳しく規制してきたが、FCVの安全基準の明確化と全面的な規制の見直しを進めている。また、資源エネルギー庁の燃料電池実用化戦略研究会によれば、FCVの導入目標は、累積で2010年までに約5万台、2020年までに約500万台とされている¹⁾。

以上のように、FCVの技術開発が急速に進められ、普及への期待は高まりつつある。FCVを都市に受け入れるための水素供給インフラの整備は社会的急務といえる。

2.2 水素供給施設の整備動向

前出のWE-NET等を中心に国内では純水素を供給する「水素供給ステーション」の開発が進行している。水素供給の方式としては、オンサイトでの天然ガス改質方式および固体高分子電解質水電解方式、オフサイトでの副生水素方式があり、各方式の水素供給ステーションは実際に建設されてFCVの耐久走行実証試験が進められつつある²⁾⁵⁾。ここでFCV導入の初期においては、都市部の各所に分散して整備する必要があるため、既存のエネルギーインフラを活用したオンサイトでの水素供給が相応しいと考えられる。オフサイトの副生水素方式は、工場での製造過程で副次的に発生する水素を活用するため供給量に限界があり、工場から供給施設までの水素の運搬を考慮すれば、工場周辺に供給施設の立地が集中すると考えられるからである。また、オンサイトの2方式のうち、固体高分子電解水方式は電力を多く消費するため、水力発電など自然エネルギーを活用した発電

表1 公道走行試験を行っている燃料電池自動車

製品名	メーカー	燃料	貯蔵方式	一充填走行距離
FCEV-3	トヨタ	純水素	水素吸蔵合金タンク	約300km
FCX-V3	ホンダ	圧縮水素ガス	高圧水素タンク	約180km
プレマシーFC-EV	マツダ	メタノール		
Necar5	ダイムラー	メタノール

図1 天然ガス改質型水素供給ステーションの構成

表2 海外の主要な水素エネルギーシステム開発プロジェクト

プロジェクト名	水素供給対象	水素供給施設設置場所
Munchen空港車両水素化プロジェクト(ドイツ)	空港内で使用する車両	空港内
Bad Bruckenau保養村水素化計画(ドイツ)	保養村内の車両、工場、定置型燃料電池	保養村内
EQHHP計画(EU-カナダ)	都市バス	都市バス営業所
Vancouverプロジェクト(カナダ)	都市バス	都市バス営業所

方式や夜間電力の有効活用などを組み合わせた高効率な電力供給システムを前提としなければ、FCV導入による環境負荷の低減効果が縮小される可能性がある。そこで本研究では、天然ガス改質方式を供給ステーションのモデルとして取り上げた。

天然ガス改質型水素供給ステーションは、主に水素発生装置、水素吸蔵合金(MH)式貯蔵設備、水素ディスペンサーユニットの3ブロックから構成される²⁾(図1)。FCVの燃料貯蔵方式の違いに対応できるよう高圧水素ガスの蓄圧器ユニットが付帯されている。

2.3 水素供給施設の海外事例

海外においても欧米を中心に水素エネルギーシステムの開発プロジェクトが各地で取り組まれている(表2)。各国政府の積極的な支援の元、空港や保養村内における水素供給施設の設置や市バスへのFCV導入などが行われ実用実験が進行中である。水素の供給媒体としては、短・中期的には独立型の水電解、天然ガス改質等に対応し、長期的には再生可能エネルギーを利用した大量供給を目標にしている。こ

ここで、再生可能エネルギーを利用した水素とは、バイオマスから得られる水素やソーラーや風力、水力、地熱などのクリーンエネルギーを利用した水の電気分解によって得られる水素を指す。アイスランドやカナダ、ノルウェーでは豊富な水力エネルギーを活用した水素製造施設が建設されている。大量供給のためには水素の配送が課題とされており、新規の水素専用パイプラインの整備と共に、既存の天然ガス・パイプラインを活用した輸送が検討されている³⁾。よって、再生可能エネルギーを利用した水素供給網においては、再生可能エネルギーによる集中型の水素製造施設と都市部の既存インフラを引き続き活用した分散型の水素供給施設とが組み合わさり、複数の供給方式が共存する状態が想定される。

FCVの導入対象としては、主に公共利用の自動車に取り上げられている。特に都市バスは、走行距離・ルートが限定されているため燃料供給施設の設置・管理が容易であり、他の低公害車と同様、初期の市場として期待されている。中・長期的には一般車を対象とした水素供給施設の整備が求められているが、都市部全体に分散する一般車の燃料供給需要への対応を視野に入れた検討はあまり行われていない⁴⁾。

そこで以下においては、再生可能エネルギーを利用した水素供給網が整備されるまでの橋渡し役として、既存の都市ガス網を利用した分散型の天然ガス改質装置による水素供給について検討を行う。

3. 天然ガス改質型水素供給ステーション整備の検討

3.1 ガソリンスタンド型整備の課題

水素供給ステーションは、従来のガソリンスタンドをモデルにしている。FCVの走行可能範囲を拡大するためには、当然、ガソリンスタンドのような独立型の燃料供給施設が必要になるが、FCV導入の初期において従来のガソリンスタンド型整備を進めるのは困難である。FCVの導入は他の低公害車と同様、自動車交通量の多い都市部で先行的に進められると考えられるが、水素供給ステーションをガソリンスタンドの一部に建設する場合、約160 m²⁵⁾の面積を必要とするのに対して、現在の都市部でそれだけのスペースを確保できるガソリンスタンドは数および地域に限られているからである。また、FCVの普及がある程度進んだ段階においては、十分な需要が見込めることで、ガソリン車用の既存設備を全て水素供給設備に置き換える給油所経営者が出てくると考えられるが、FCV導入の初期段階においてこれを期待するのは、たとえ補助金等の政府の支援制度があったとしても現実的ではないと言える。よって、初めからガソリンスタンド型のみに頼ると水素供給ステーションの整備が都市部の分散した交通需要に対応できず、結果的にFCVの普及を遅らせかねない。

3.2 水素供給ステーションの整備対象施設の検討

そこで、FCV導入の初期段階において給油所以外の施設で水素供給ステーション整備に適した対象施設を検討した。

図2 水素供給ステーション整備のシナリオ

初めに、自動車に関連する空間の中から、自動車のライフタイムの96%を占める空間と言われている駐車場を取り上げる。既に欧米では電気自動車や天然ガス自動車などの低公害車で駐車場への燃料供給設備の併設は進んでおり、国内でも路線バスや宅配事業者の営業所などに導入され実績を上げており、適当な対象であると考えられる。

次に、駐車場を持つ施設についてその公共性と利用者特性を考慮して位置付けを行い、水素供給ステーション整備のシナリオにおいて3つのステップを想定した(図2)。まず初期の第一段階として、利用者の限定されている庁舎や集合住宅の駐車場に水素供給ステーションを整備し、FCVの導入を促進する。第二段階において、都市計画駐車場や大型商業施設などの駐車場に水素供給ステーションを整備し、FCVのより一般的な需要に対応する。最後に第三段階において、これまでの整備では賄いきれなかった地域を対象として従来のガソリンスタンド型整備を行う。

一方、燃料電池の普及にあたっては、FCVだけでなく住宅用の定置型PEFC-CGSの普及も同時に期待されている。水素は自動車と住宅の共通のエネルギー源であるため、住宅の駐車場にFCV用の水素供給施設を整備することは、将来的に建物側の燃料電池利用に繋がると考えられる。戸建住宅の駐車場は狭小だが、集合住宅であれば検討の余地がある。

以上より、FCV導入の初期段階において、水素供給ステーションの整備対象には、都市部の集合住宅の駐車場が適していると考えられる。

3.3 集合住宅の駐車場への整備手法の提案

以下において、集合住宅の駐車場における整備手法を提案する。水素供給ステーションは駐車場として利用されている場所の一部に設置するため、その分の駐車スペースは廃止する。また、水素供給の対象は、集合住宅の敷地内にある専用駐車場の車両に限定し、水素供給ステーションの利用効率の向上を図る。ここで、一般にガソリンスタンドの整備では、対象車両を限定することは、不特定多数の車両を除外するという意味で対象車両の総数を少なくし、燃料供給施設の利用効率を向上させることには繋がらないと考えられている。しかし、FCVの普及の初期段階においては、燃料

の供給対象を特定しないと確実な需要が見込めずに、供給施設の利用効率を低下させる可能性があると考えられる。また、天然ガス自動車や電気自動車など他の低公害車の場合も普及の初期段階では、特定の車両を対象に燃料供給施設を整備し、燃料供給施設の利用効率の向上が図られている。よって本研究では上記の通り設定した。なお、出先での燃料補給のためにガソリンスタンド型の水素供給ステーションを追って整備する必要があると考えられる。

提案は、水素供給ステーションの利用方法によって2タイプに分けられる(表3、図3)。Type1(独立型)では、集合住宅毎に水素供給ステーションを設置し、個別に利用する。Type2(共同型)では、水素供給ステーションを団地に設置して、団地内の集合住宅で共同利用する。Type1は比較的大規模な集合住宅において導入が可能である。一方Type2では、集合住宅一棟一棟の規模は小さくて導入が難しい場合でも、団地として大規模であれば導入可能になる。

4. 東京都区部の集合住宅における

水素供給ステーション整備の検討

以下において東京都区部の集合住宅を対象に前述の提案についてのケーススタディを行う。ここで、東京都区部における集合住宅のうち、都市計画団地及び都市基盤整備公団の団地を公共の集合住宅、それ以外を民間の集合住宅と分けた。公共の集合住宅は、各棟の規模は小さいが複数棟で駐車場が纏まっているので設置タイプをType2(共同型)とし、民間の集合住宅は設置タイプをType1(独立型)とする。

4.1 集合住宅の選定方法

集合住宅の駐車場に水素製造能力 $30\text{Nm}^3/\text{h}$ の水素供給ステーションを設置する場合を想定し、選定基準として集合住宅の駐車場台数を設定した。水素供給ステーションの年

間供給可能台数234台⁸⁾にステーション設置スペースのために廃止する駐車場台数7台⁹⁾を加えた241台以上を基準とした。ここで、公共の集合住宅については東京都の駐車場データ¹⁰⁾を元に、民間の集合住宅については表4に示す関係式から算出した駐車場台数を元に、241台以上の駐車場を

表3 水素供給ステーションの設置タイプ

Type1	独立型	各集合住宅に水素供給ステーションを設置して個別に利用
Type2	共同型	団地に水素供給ステーション設置して団地内の集合住宅で共同利用

図3 水素供給ステーションのタイプ別設置イメージ

表4 集合住宅の延床面積と駐車場台数の関係式

$$Y = aX + b \quad (Y: \text{駐車場台数} \quad X: \text{延べ床面積})$$

エリア	a	b	相関係数	サンプル
江戸川	0.0099	-16.1	0.976	9
足立・葛飾	0.0082	-9.6	0.949	17
板橋・練馬・杉並	0.0077	-8.4	0.957	15
目黒・品川	0.0078	-14.1	0.996	38
荒川・台東・墨田	0.0072	-16.0	0.906	25
江東	0.0067	-3.3	0.959	17
大田	0.0065	-1.6	0.963	19
世田谷	0.0052	13.4	0.931	43
中野・新宿・渋谷	0.0052	-6.5	0.983	16
千代田・中央・港	0.0043	-2.2	0.891	66
北・豊島・文京	0.0042	-1.6	0.950	24

図5 241台の駐車場を持つ集合住宅の延べ床面積

図4 東京都区部のエリア区分

表5 エリア別の集合住宅選定結果

エリア	民間の集合住宅			都市計画団地			都市基盤整備公団による団地			都市公団による都市計画団地			公共の集合住宅		
	総数 (棟)	選定結果 (棟)	駐車場 (台)	総数 (団地)	選定結果 (団地)	駐車場 (台)	総数 (団地)	選定結果 (団地)	駐車場 (台)	総数 (団地)	選定結果 (団地)	駐車場 (台)	総数 (団地)	選定結果 (団地)	駐車場 (台)
板橋・練馬・杉並	74,426	20	7,023	24	9	8,941	24	6	3,350	2	0	0	28	15	12,291
中野・新宿・渋谷	38,605	5	1,655	7	2	2,440	3	1	315	0	0	0	8	3	2,755
北・豊島・文京	26,129	0	0	1	1	1,518	12	4	1,901	0	0	0	5	5	3,419
足立・葛飾	25,953	9	3,115	23	10	4,421	38	10	4,075	5	4	1,837	28	16	6,659
目黒・品川	24,042	3	801	1	1	1,688	4	2	862	0	0	0	3	3	2,550
世田谷	22,016	1	267	16	5	2,751	10	1	255	2	0	0	15	6	3,006
大田	20,143	3	1,138	1	0	0	11	1	318	0	0	0	2	1	318
江戸川	16,149	27	9,105	1	0	0	8	1	369	0	0	0	2	1	369
荒川・台東・墨田	14,861	5	1,830	0	0	0	8	1	400	0	0	0	1	1	400
千代田・中央・港	9,833	3	872	0	0	0	14	3	934	0	0	0	3	3	934
江東	7,062	25	11,759	0	0	0	17	6	2,358	0	0	0	6	6	2,358
合計	279,219	101	37,565	74	28	21,759	149	36	15,137	9	4	1,837	101	60	35,059

有する集合住宅の選定を行った。民間の集合住宅については、東京都の駐車場データに該当するものがなかった為、民間の集合住宅の延床面積と駐車場台数の関係を求めた上で、集合住宅の延床面積から駐車場台数を算出した。区の政策や住宅事情から集合住宅の駐車場設置率に地域性が現れることを考慮し、各区ごとに集合住宅のデータを無作為抽出して集計し、表4の通り単回帰分析から集合住宅の延床面積と駐車場台数の相関を求めた上で、東京都区部を11のエリアに区分してまとめた(図4)。図5に示す通り、241台の駐車場を有すると見なされる集合住宅の延床面積はエリア別に異なることがわかる。

4.2 集合住宅の選定結果

241台以上の駐車場を有する集合住宅の選定結果を表5に示す。民間の集合住宅については、東京都区部全体で279,219棟中101棟(駐車場台数37,565台)が選定された。公共の集合住宅については、都市計画団地と都市基盤整備公団の団地をそれぞれ選定した。まず、都市計画団地では74団地中28団地(駐車場台数21,759台)が選定された。次に都市基盤整備公団の団地では149団地中36団地(駐車場台数15,137台)が選定された。都市計画団地と都市基盤整備公団の団地を併せた公共の集合住宅全体では、都市計画団地で都市基盤整備公団が関わった足立・葛飾エリアの4団地を除外し、60団地(駐車場台数35,059台)となった。

4.3 FCVの供給可能台数の算定

前述の通り、民間の集合住宅には住棟単位で101箇所にType1を、公共の集合住宅には団地単位で60箇所にType2の水素供給ステーションを設置するとして、以下、各箇所におけるFCVの供給可能台数を算定した。FCVの供給可能台数は、水素ステーションを設置する各箇所の駐車場台数からステーション設置スペースのために廃止する駐車場7台を差し引いて求めた。ここで、水素供給ステーションの水素製造能力は、各箇所の駐車場台数に応じて最小の30Nm³/hから最大で水素供給ステーションの実用規模とされる300Nm³/hまで各々に適した規模に設定するものとする。

FCVの供給可能台数の算定結果を表6に示す。Type1の水素供給ステーション整備により、36,858台のFCVに供給可能となる。エリア別でみると、江東エリアで最も多く11,584台となり、Type1の約31%を占める。また、Type2の水素

表6 エリア別のFCV供給可能台数算定結果

エリア	Type1		Type2		合計	
	FCV台数	割合	FCV台数	割合	FCV台数	割合
板橋・練馬・杉並	6,883	18.7%	12,186	35.2%	19,069	26.7%
中野・新宿・渋谷	1,620	4.4%	2,734	7.9%	4,354	6.1%
北・豊島・文京	0	0.0%	3,384	9.8%	3,384	4.7%
足立・葛飾	3,052	8.3%	6,547	18.9%	9,599	13.4%
目黒・品川	780	2.1%	2,529	7.3%	3,309	4.6%
世田谷	260	0.7%	2,964	8.6%	3,224	4.5%
大田	1,117	3.0%	311	0.9%	1,428	2.0%
江戸川	8,916	24.2%	362	1.0%	9,278	13.0%
荒川・台東・墨田	1,795	4.9%	393	1.1%	2,188	3.1%
千代田・中央・港	851	2.3%	913	2.6%	1,764	2.5%
江東	11,584	31.4%	2,316	6.7%	13,900	19.4%
合計	36,858	100.0%	34,639	100.0%	71,497	100.0%

図6 エリア別の燃料電池自動車供給可能台数

図7 燃料電池自動車の供給可能台数の密度

供給ステーション整備によるFCVの供給可能台数は34,639台になる。Type 1に比べ設置箇所数が少ない割にType 1と同等の台数に達したのは、1箇所当たりの駐車場台数が多いためと考えられる。エリア別でみると、板橋・練馬・杉並エリアで最も多く12,186台となり、Type 2の約35%を占める。

Type 1とType 2を合わせると、東京都区部全体では水素供給ステーションの設置対象が161ヶ所、FCVの供給可能台数が71,497台となった。これは東京都区部における自家用自動車保有台数1,763,610台¹¹⁾の約4.1%に相当する。エリア別にみると、板橋・練馬・杉並エリアと区部の東部が比較的多く、全体の73%を占めるという結果となった(図6)。また、FCVの供給可能密度をみると、都区部の南部では若干低めであるが、全体的に分散して整備されることがわかる(図7)。

4.3 評価

(1) 環境負荷物質の削減効果

以下においては、4.2で算出したFCVの供給可能台数71,497台を元に、環境負荷物質の削減量を算出する。指標としては、窒素酸化物、硫黄酸化物、二酸化炭素を取り上げる。計算に用いた従来のガソリン燃料の乗用車の排出原単位を別表1¹²⁾に示す。

提案に基づき集合住宅の駐車場に水素供給ステーションが整備され、集合住宅内のガソリン燃料の乗用車の代わりにFCVが導入され水素の供給が行われると、東京都区部全体で、NOxが225.7 t/年、SOxが18.0 t/年、CO₂が46,248 t/年削減されるという結果を得た¹³⁾。NOxの削減量は東京都の削減目標2,700 t/年¹⁴⁾と比較すると、提案による削減量は8.4%に相当する(図8)。また、CO₂の削減量は、東京都の削減目標471,735 t/年¹⁵⁾の9.8%に相当する(図9)。

(2) 投入一次エネルギー量の削減効果

FCVに水素供給をするために必要な都市ガス量から投入一次エネルギー量の削減量を算出した結果¹⁶⁾、都区部全体で798 TJ/年となった。東京都の削減目標55,359 TJ/年¹⁷⁾と比較すると、提案による削減量は1.4%に相当する(図10)。

5. 総括及び今後の展望

本研究の成果は、以下の6点にまとめられる。

1. 燃料電池自動車(FCV)の開発動向を踏まえ、都市部における環境負荷の低減策としては、純水素を燃料とするFCVの普及が有効であることを示した。また、都市部における水素供給インフラとして、既存の都市ガス網を活用した天然ガス改質型の水素供給施設を取り上げ、FCV導入の初期段階において一般車の需要に対応可能な整備手法を検討した。
2. 天然ガス改質型水素供給ステーションの整備にあたり、FCV導入の初期段階においては、ガソリンスタンド型の整備だけでは都市部の分散した交通需要に対応が困難であるという課題を挙げ、給油所以外の施設にも整備

別表1 乗用車の排出原単位¹²⁾

排出物質	原単位 (kg/台・年)	都区部排出量 (t/年)	都区部乗用車走行量 (100万台km/年)
NOx	3.382	6,727	19891.2
SOx	0.252	501	
CO ₂	1196.5	2,380,000

図8 NOx 排出量の削減量

図9 CO₂ 排出量の削減量

図10 投入一次エネルギー量の削減量

する必要性を示した。

3. 水素供給ステーションの整備対象施設として駐車場を取り上げ、駐車場を持つ施設について公共性と利用者特性を考慮し、段階的整備のシナリオを提示した。そのシナリオにおいて、将来的にFCVと同様に普及が期待される住宅用の定置型PEFC-CGSに着目し、駐車場に水素供給施設を整備することは建物側の燃料電池利用に繋がることを指摘した上で、FCV導入の初期段階における都市部の集合住宅を対象とした水素供給ステーションの整備を提案した。
4. 集合住宅の駐車場へ水素供給ステーションを設置する際の条件を整理し、ステーションの利用方法により独立型(Type 1)と共同型(Type 2)の2タイプの手法を提案した。Type 1は大規模な民間の集合住宅に、Type 2は都市基盤整備公団などによる住宅団地に適用する設定とした。
5. 東京都区部の集合住宅を対象に、都市計画団地などの公共的な集合住宅と民間の集合住宅に分けて、駐車場の規模から水素供給ステーションの整備対象を選定した結果、Type 1の民間の集合住宅101棟、Type 2の公共の集合住宅団地60団地が選定された。これらに水素供給ステーションを整備することで、FCVの供給可能台数はType 1で36,858台、Type 2で34,639台、計71,497台となり、東京都区部における自家用自動車保有台数の約4.1%を占めること、また都区部全体に分散して整備できることがわかった。
6. FCVの水素供給可能台数を元に東京都区部における環境負荷物質の削減量を算出し、 NO_x が225.7 t/年、 SO_x が18.0 t/年、 CO_2 が46,248 t/年削減されるという結果を得た。これらは東京都の削減目標に対して、 NO_x では8.4%、 CO_2 では9.8%に相当する。また、投入一次エネルギー量はガソリン車に対し798TJ/年の削減量が見込まれる。

以上、FCV導入の初期段階での水素供給施設の一手法として都市部の集合住宅における天然ガス改質型水素供給ステーションの整備手法を示した。今後は、さらにそれぞれの集合住宅の住戸部分においてPEFC-CGSを導入した場合の環境負荷物質の削減効果について検討を行うことが望まれる。

また、本研究ではテーマとして扱わなかったが、水素供給施設に対する法制度の見直しが急がれる。その点、FCVの走行実証実験が進めば、水素供給ステーションの安全基準が確認されると考えられる。今後は、建物側での水素エネルギーの利用を促進するためにも、FCVの需要に見合った水素供給インフラの整備手法およびその整備時期を引き続き検討していく必要があるだろう。

謝辞

本研究における集合住宅の調査および燃料電池の関連技術の情報提供にご協力頂きました関係者の皆様に深く感謝致します。

注

- 1) Fuel Cell Vehicle
- 2) 固体高分子型燃料電池 (PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell) を用いたコージェネレーションシステム。都市ガス事業者を中心に家庭用の小型CGSとして開発が進められている。
- 3) 経済産業省の元で新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が中心となって民間企業と水素利用技術の共同開発を進めている。第1期 (1993年度～1998年度) を終え、現在は第2期 (1999年度～2003年度) 計画が進行中である。World Energy Network。
- 4) 1kW級のPEFC-CGSの体積は $W800\text{mm} \times D380\text{mm} \times H900\text{mm} \approx 274\text{L}$ であるが、このうち改質部分は約20L (改質器 $\phi 194\text{mm} \times H600\text{mm}$, 圧力調整部, 脱硫部を含む) を占める。
- 5) 2002年2月に天然ガス改質方式の水素供給ステーションが大阪ガス株式会社西島技術センター内に、固体高分子型電解水電解方式が四国総合研究所内に完成し、実証実験に入っている。また、2002年7月には横浜市鶴見区の鶴見曹達工場内にカセイソーダ製造過程で発生する副生水素を利用するタイプの水素供給ステーションが完成する予定である。
- 6) Michigan大学のMarc Ross教授等は、純水素燃料電池自動車の大量生産を実現するには、天然ガス改質装置を1万ヶ所に設置すれば十分可能であると分析している⁴⁾。
- 7) WE-NETで開発中の天然ガス改質型水素供給ステーションの設置面積: $18.35\text{m} \times 8.8\text{m} = 161.5\text{m}^2$ (約160 m^2) より。FCVWE-NETプロジェクトによると、給油所型を想定した実用規模に対して、1/10の水素製造能力 $30\text{Nm}^3/\text{h}$ に設定されている。設置スペースはディスペンサーが同数であれば実用規模とほぼ変わらないとされている。
- 8) 水素供給ステーションの年間供給可能台数 = 年間水素製造量 (P) ÷ 年間水素消費量 (C) として算出した。計算条件は以下の通りである。水素製造能力が $30\text{Nm}^3/\text{h}$ であることから、一日24時間、年間365日稼動したケースを想定すると、 $P = 30\text{Nm}^3/\text{h} \times 24\text{h} \times 365\text{d} = 262,800\text{Nm}^3/\text{y}$ 。FCVの最大充填量が 33.6Nm^3 とFCVの一充填走行距離が300kmであることから、乗用車の年間平均走行距離を10,000km/yとすると、 $C = (33.6\text{Nm}^3 \div 300\text{km}) \times 10,000\text{km}/\text{y} = 1,120\text{Nm}^3/\text{y}$ 。
- 9) 水素供給ステーション設置のために廃止する駐車場台数 = 水素供給ステーション設置の必要面積 (S) ÷ 乗用車1台当りの駐車場面積 (L) として算出した。S: 160 m^2 , L: 22.5 m^2 。ただし、機械式の立体駐車場に水素供給ステーションを設置する場合については、自走式・機械式の区別が明らかな駐車場データを一部しか入手できなかったため、全て平面的にスペースを確保する形で考えた。また、地下や架空などを利用して水素供給ステーションを立体的に構成すれば、平面的に構成する場合より廃止する駐車場台数は少なく済むと考えられるが、液体水素や圧縮水素ガスについて高圧ガス保安法などの法制度が未整備であり、地下や架空などに設置する際の安全基準が明確でないため、本算定にあたっては平面的な構成を前提とした。
- 10) 平成9年度の東京都都市計画局データより。
- 11) 市区町村別 自動車保有車両数, (財)自動車検査登録協会, No. 29, 2001年11月より。2001年3月現在の自家用自動車保有台数。
- 12) 東京都環境局自動車公害対策部資料より。
- 13) FCV代替による従来車の排出量の削減分を算出し、都市ガスから水素を製造する際の排出量を差し引いた。都市ガス1 Nm^3 に対する NO_x の排出量は0.594g/ m^3 , SO_x の排出はなしとし、 CO_2 は分子量比で水素の1/4発生するとした。
- 14) 東京都自動車公害防止計画における低公害車による削減目標。
- 15) 1990年度比で6%の減少を達成するために必要な自動車部門の CO_2 削減量。都におけるエネルギー需給構造調査データより。
- 16) FCVに水素供給する際に必要な都市ガス量の計算は以下の通り行った。まず、都市ガスを改質する際の流量で都市ガス0.452 kmol/h に対し水素1.3385 kmol/h であることから、FCVへの最大水素充填量 33.6Nm^3 を得るために必要な都市ガス量は $33.6\text{Nm}^3 \times (0.452 \div 1.3385) = 11.3\text{Nm}^3$ である。また、FCVは最大水素充填量 33.6Nm^3 に対して300km走行可能であ

るから、水素供給のために投入する都市ガス 1Nm^3 に対する FCV の走行量は、 $300\text{km} \div 11.3\text{Nm}^3 = 26.4\text{km}/\text{Nm}^3$ となる。ここで、ガソリン車の燃費を $13.2\text{km}/\text{l}$ とすると（国土交通省、自動車燃費一覧より）、単位体積あたりの投入一次エネルギー量は FCV が $41\text{MJ}/\text{m}^3$ 、ガソリン車が $35.2\text{MJ}/\text{l}$ であることから、 1km 走行するのに要する投入一次エネルギー量は FCV が $41\text{MJ}/\text{m}^3 \div 26.4\text{km}/\text{Nm}^3 = 1.55\text{MJ}/\text{km}$ 、ガソリン車が $35.2\text{MJ}/\text{l} \div 13.2\text{km}/\text{l} = 2.66\text{MJ}/\text{km}$ となる。よって、FCV の供給可能台数 $71,497$ 台が 1 台当たり平均 $10,000\text{km}/\text{年}$ 走行するとして、走行量 $714,970,000\text{台km}/\text{年}$ に必要な投入一次エネルギー量は、FCV の場合で $714,970,000\text{台km}/\text{年} \times 1.55\text{MJ}/\text{km} = 1,108,689,049\text{MJ}/\text{年} \approx 1,109\text{TJ}/\text{年}$ 、ガソリン車の場合で $714,970,000\text{台km}/\text{年} \times 2.66\text{MJ}/\text{km} = 1,906,586,667\text{MJ}/\text{年} \approx 1,907\text{TJ}/\text{年}$ となる。

- 17) 自動車部門からのエネルギー消費を 1990 年度比 100% とするのに要するエネルギー削減量。都におけるエネルギー需給構造調査データより。

参考文献

- 1) 通商産業省・資源エネルギー庁(当時), 「燃料電池実用化戦略研究会報告書」2000 年
- 2) (財) エンジニアリング振興協会, 水素利用国際エネルギーシステム技術 (WE-NET) 第 II 期研究開発: タスク 7 水素供給ステーションの開発, 2000 年 3 月
- 3) Seth Dunn, Routes to a hydrogen economy, Renewable Energy World, July-August 2000
- 4) Jensen, Marc W. and Marc Ross. THE CLIMATE CHALLENGE: DEVELOPING AN INFRASTRUCTURE FOR FUEL CELL VEHICLES. Environment, September 2000, pp. 10-12

(2002 年 7 月 10 日原稿受理, 2002 年 12 月 25 日採用決定)